

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-329527

(P2000-329527A)

(43)公開日 平成12年11月30日(2000.11.30)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 1 B 11/02

G 0 1 B 11/02

H 2 F 0 6 5

H 0 5 K 13/08

H 0 5 K 13/08

Q

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平11-140269

(22)出願日 平成11年5月20日(1999.5.20)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 田中 稔

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72)発明者 竹内 邦彦

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74)代理人 100096806

弁理士 岡▲崎▼ 信太郎 (外1名)

Fターム(参考) 2F065 AA24 CC25 DD06 FF04 FF10

JJ03 JJ26 MM03 MM24 QQ03

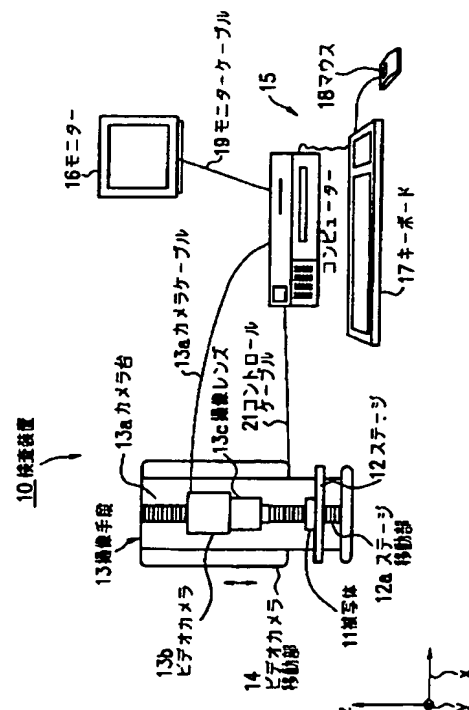
QQ13 QQ24 QQ31 QQ34

(54)【発明の名称】 高さ測定装置及び方法とこれを利用した検査装置

(57)【要約】

【課題】 電子部品等の対象物の撮像画面に基づいて高さ測定が行われるようにした高さ測定装置及び方法と、これを利用して対象物の撮像及び高さ測定が同時に行われるようにした検査装置を提供すること。

【解決手段】 対象物11に対して垂直なZ方向に移動可能で、この対象物を撮像する撮像手段13と、上記撮像手段をZ方向に移動調整する移動手段14と、上記移動手段により撮像手段をZ方向に微小距離つづ移動させながら、撮像手段により対象物の撮像を行なうて、各撮像画面に基づいて、画像処理によりフォーカス値を計算して、フォーカス値の波形からフォーカス位置を検出することにより、対象物の高さを測定する制御手段15とを備える。



BEST AVAILABLE COPY

**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 対象物に対して垂直なZ方向に移動可能に配設されて、この対象物を撮像する撮像手段と、上記撮像手段をZ方向に移動する移動手段と、上記移動手段により撮像手段をZ方向に微小距離ずつ移動させながら、撮像手段により対象物の撮像を順次に行なう、各撮像画面に基づいて、画像処理によりフォーカス値を計算して、フォーカス値のZ方向変化からフォーカス位置を検出することにより、対象物の高さを測定する制御手段とを含んでいることを特徴とする高さ測定装置。

**【請求項2】** 上記撮像手段が、被写界深度の深いレンズを備えていることを特徴とする請求項1に記載の高さ測定装置。

**【請求項3】** 上記フォーカス値が、空間周波数であることを特徴とする請求項1に記載の高さ測定装置。

**【請求項4】** 対象物に対して垂直なZ方向に移動可能に配設され且つ対象物を撮像する撮像手段と、上記撮像手段をZ方向に移動調整する移動手段と、上記移動手段により撮像手段をZ方向に微小距離ずつ移動させながら、撮像手段により対象物の撮像を順次に行なう、各撮像画面に基づいて、画像処理によりフォーカス値を計算して、フォーカス値のZ方向変化からフォーカス位置を検出することにより、対象物の高さを測定すると共に、対象物の複数の撮像画面を合成することにより、対象物の形状検査を行なう制御手段とを含んでいることを特徴とする検査装置。

**【請求項5】** 対象物に対して垂直なZ方向に関して微小距離ずつ撮像手段を移動させながら、各移動位置にて対象物を撮像手段により順次に撮像する第一の段階と、撮像手段により撮像された各撮像画面に基づいて、フォーカス値を計算する第二の段階と、フォーカス値のZ方向変化から、フォーカス位置を検出して、このフォーカス位置を当該対象物の高さとする第三の段階と、を含んでいることを特徴とする高さ測定方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】** 本発明は、電子部品等の被写体の高さ測定を行なうための高さ測定装置及び方法と、これを利用して対象物の検査及び高さ測定を行なう検査装置に関するものである。

**【0002】**

**【従来の技術】** 従来、電子部品を実装基板に実装した後、電子部品の実装を視覚的に検査する場合、次のような方法により行われていた。例えば、図9(A)に示すように、実装基板1に関して、検査すべき個々の電子部品を、比較的倍率の高いレンズ2を使用して、撮像部3により撮像することにより、撮像部3による撮像画面(図9(B)参照)を見ながら、個々の電子部品の検査

を視覚的に行なうようにしている。この場合、個々の電子部品の表面高さが異なることから、別途設けられたレーザ計測機等の計測機を使用して、あるいは所謂全フォーカス法を利用して、当該電子部品を撮像することにより、当該電子部品の高さを検出するようにしている。

**【0003】** ここで、上記全フォーカス法は、移動手段により撮像手段即ちレンズ2及び撮像部3を当該電子部品に対して高さ方向に微小距離ずつ移動させながら、撮像部3により撮像を行なう、各高さ位置における撮像画面に関して、部品に焦点の合っている部分を取り出して、画面を合成することにより、全範囲で焦点の合っている撮像画面を得る方法である。これにより、移動手段による撮像部3の移動距離に基づいて、各部品の高さを把握することができる。

**【0004】**

**【発明が解決しようとする課題】** しかしながら、近年、電子部品等の集積化が進んでおり、微細な部品を視覚的に検査するために、ビデオカメラが使用されるようになってきている。図10に示すように、ビデオカメラ4の場合には、実装基板1の広い範囲の検査が必要であることから、比較的倍率の低く且つ被写界深度の深いレンズ5が使用される。このため、見かけ上焦点の合っている範囲が広いことから、前述した全フォーカス法を利用することができない。従って、検査と同時に各部品の高さを計測することはできず、各部品の高さを計測するためには、別途設けられた高さ計測機が必要になる。このため、設備コストが高くなってしまいうという問題があった。

**【0005】** 本発明は、以上の点に鑑み、電子部品等の対象物の撮像画面に基づいて高さ測定が行われるようにした高さ測定装置及び方法と、これを利用して対象物の撮像及び高さ測定が同時に行われるようにした検査装置を提供することを目的としている。

**【0006】**

**【課題を解決するための手段】** 上記目的は、請求項1の発明によれば、対象物に対して垂直なZ方向に移動可能に配設され、この対象物を撮像する撮像手段と、上記撮像手段をZ方向に移動調整する移動手段と、上記移動手段により撮像手段をZ方向に微小距離ずつ移動させながら、撮像手段により対象物の撮像を順次に行なう、各撮像画面に基づいて、画像処理によりフォーカス値を計算して、フォーカス値のZ方向変化からフォーカス位置を検出することにより、対象物の高さを測定する制御手段とを含んでいる、高さ測定装置により、達成される。

**【0007】** また、上記目的は、請求項4の発明によれば、対象物に対して垂直なZ方向に移動可能に配設され、この対象物を撮像する撮像手段と、上記撮像手段をZ方向に移動調整する移動手段と、上記移動手段により撮像手段をZ方向に微小距離ずつ移動させながら、撮像手段により対象物の撮像を順次に行なう、各撮像画面

に基づいて、画像処理によりフォーカス値を計算して、フォーカス値のZ方向変化からフォーカス位置を検出することにより、対象物の高さを測定すると共に、対象物の複数の撮像画面を合成することにより、対象物の形状検査を行なう制御手段とを含んでいる、検査装置により、達成される。

【0008】さらに、上記目的は、請求項5の発明によれば、対象物に対して垂直なZ方向に関して微小距離ずつ撮像手段を移動させながら、各移動位置にて対象物を撮像手段により順次に撮像する第一の段階と、撮像手段により撮像された各撮像画面に基づいて、フォーカス値を計算する第二の段階と、フォーカス値のZ方向変化から、フォーカス位置を検出して、このフォーカス位置を当該対象物の高さとする第三の段階と、を含んでいる、高さ測定方法により、達成される。

【0009】請求項1または請求項5の構成によれば、対象物の広い範囲を撮像する場合において、撮像手段をZ方向に微小距離ずつ移動しながら、各位置にて対象物の撮像を行なうことにより、所謂全フォーカス法を利用して、対象物の撮像が行なわれることになる。そして、制御手段が、各位置における撮像画面をそれぞれ画像処理することにより、各位置におけるフォーカス値例えば空間周波数を計算し、このフォーカス値のZ方向変化に基づいて、フォーカス位置を検出することにより、このフォーカス位置を対象物のZ方向高さとする。従って、別途設けられた高さ測定手段を使用することなく、撮像手段による対象物の撮像画面に基づいて、対象物の高さが測定されることになる。

【0010】また、上記撮像手段が、被写界深度の深いレンズを備えている場合には、従来このようなレンズではピント領域が広いことから、撮像画面から対象物の高さを測定することはできなかったが、本発明により画像処理により計算されたフォーカス値のZ方向変化によりフォーカス位置を検出することにより、対象物の高さが測定されることになる。

【0011】また、請求項4の構成によれば、同様にして、対象物の撮像を行なって、撮像画面により対象物の検査を行なう検査装置の場合には、検査のための撮像画面を利用して、対象物の高さが測定されるので、対象物の検査及び高さ測定が同時に行われることになる。

【0012】ここで、上記フォーカス値は、被写体の焦点の合っている部分（以下、ピント領域という）における焦点の合っている程度を数値化した、例えば空間周波数であって、数値が大きい程焦点が合っていることになる。ここで、空間周波数とは、空間的な繰り返しを表す量であり、この場合、単位長さ当たりの輝度を表す数値を用いる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、この発明の好適な実施形態を図1乃至図8を参照しながら、詳細に説明する。尚、

以下に述べる実施形態は、本発明の好適な具体例であるから、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明において特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの態様に限られるものではない。

【0014】図1は、本発明による高さ測定装置の一実施形態を含む検査装置の構成を示している。図1において、検査装置10は、検査すべき実装基板等の対象物としての被写体11が載置されるステージ12と、このステージ12上に載置された被写体11を上方から垂直方向（Z方向）に撮像する撮像手段13と、撮像手段13をステージ12に対して相対的にZ方向に移動調整する移動手段14と、これらステージ12、撮像装置13及び移動手段14を制御すると共に、撮像手段13からの撮像信号に基づいて対象物11の高さを測定する制御手段としてのコンピュータ15とを備えている。

【0015】上記被写体11は、例えば電子部品等が実装された実装基板であって、Z方向（図1にて上下方向）に関して異なる表面高さを有している。

【0016】上記ステージ12は、平板状の部材から構成されており、その平坦な上面に、被写体11が載置されるようになっている。ここで、ステージ12は、例えば、水平なX、Yの二方向に移動可能に支持されていると共に、移動部12aにより水平二方向、例えば図3（A）に示すようにX方向に、また例えば図3（B）に示すようにY方向に、それぞれ移動調整されるようになっている。

【0017】上記撮像手段13は、例えばカメラ台13aに取り付けられたビデオカメラ13bと、ビデオカメラ13bに取り付けられた撮像レンズ13cと、から構成されている。

【0018】上記移動手段14は、例えば図示の場合、上記カメラ台13aをZ方向に移動可能に支持すると共に、図示しない駆動手段、例えばステッピングモータにより、カメラ13aをZ方向に移動調整するようになっている。

【0019】上記コンピュータ15は、例えば、撮像手段13からの撮像信号に基づいて、対象物11の高さを測定する機能を備えたものである。ここで、制御手段としては、撮像手段13及び移動手段14を制御すると共に、対象物11の高さを測定できれば、他の制御手段であってもよく、例えばマイクロプロセッサ等も使用される。そして、コンピュータ15は、例えば、表示手段としてのモニタ16、入力手段としてのキーボード17及びマウス18を備えている。ここで、モニタ16は、コンピュータ15に対してモニタケーブル19により接続されており、撮像手段13により撮像された対象物11の撮像画面を表示するためのものであり、例えばCRTや液晶ディスプレイ等の各種表示機器が使用される。

【0020】また、コンピュータ15は、撮像手段13

のビデオカメラ13bとカメラケーブル20を介して、移動手段14と例えばRS-232Cインターフェースによるコントロールケーブル21を介して、それぞれ接続されている。

【0021】図2は、上記コンピュータ15の内部の電氣的な構成例を示している。図2において、コンピュータ15は、例えばA/D（アナログ・デジタル）変換器22、CPU23、A/D変換及びメモリコントロール部24、入力メモリ25、フォーカス値メモリ26、フォーカス値演算部27、合成部28、全フォーカス画像メモリ29、映像出力部30及びモータコントロール部31、ローパスフィルタ32、演算部33を有している。

【0022】上記A/D変換部22は、カメラケーブル20を介して、撮像手段13に接続されていると共に、入力メモリ25を介してフォーカス値演算部27に接続されている。これにより、A/D変換部22は、撮像手段13により撮像された被写体11のアナログデータである撮像画面の画像データをデジタルデータに変換する。

【0023】上記CPU23は、図示のように、例えば制御ライン23aを介して、入力メモリ25、フォーカス値演算部27、フォーカス値メモリ26、全フォーカス画像メモリ29、A/D変換及びメモリコントロール部24、モータコントロール部31及び映像出力部30と接続されている。ここで、CPU23は、例えば中央演算処理装置であって、制御ライン23aを介して上述した各部を制御するようになっている。

【0024】上記入力メモリ25は、A/D変換部22からの画像データを記憶するための記憶手段であり、また、後述するように、各記憶画像に対応したZ方向の移動位置（距離）である高さ情報値を記憶するようになっている。上記フォーカス値メモリ26は、フォーカス値演算部27で計算されたフォーカス値を記憶するための手段である。尚、フォーカス値メモリ26は、フォーカス値演算部27からのフォーカス値が入力される前にあっては、最大のフォーカス値を記憶保持するようになっている。

【0025】上記合成部28は、入力メモリ25に記憶された画像データのうち、フォーカス値メモリ26からフォーカスポイントと判断されたものを全フォーカス画像メモリ29に書き込むようになっている。従って、全フォーカス画像メモリ29は、全フォーカス画像データを記憶するための記憶手段である。

【0026】上記映像出力部30は、全フォーカス画像メモリ29からの全フォーカス画像データを出力するためのデータを格納するようになっている。

【0027】上記モータコントロール部31は、CPU23の制御によって、図1に示した移動手段14やステージ12の移動部12aの動作を制御するためのもので

ある。

【0028】本実施形態による検査装置10は、以上のように構成されており、図4に示すフローチャートに従って、以下のように被写体11の高さ測定を行なう。即ち、図4のフローチャートにおいて、先づステップST1にて、移動手段14が、コンピュータ15により制御されることにより、ビデオカメラ13bの撮像における最初の位置、例えば最も被写体11から離れたデフォーカスとなるような位置Z1に撮像手段13を移動させる。続いて、ステップST2にて、撮像手段13が、コンピュータ15により制御されることにより、ビデオカメラ13bが、この位置Z1にて、被写体11の撮像（被写体画像の取り込み）を行なう。この際、取り込み画像の画像データは、コンピュータ15のA/D変換部22から入力メモリ25に入力され、記憶される。

【0029】その後、ステップST3にて、画像の取り込みが終了したら、ステップST4にて、コンピュータ15のCPU23がモータコントロール部31を制御することにより、移動手段14を駆動制御して、撮像手段13をZ方向に微小距離だけ移動させる。

【0030】次に、ステップST5にて、撮像手段13が、コンピュータ15により制御されることにより、ビデオカメラ13bが、この移動位置にて、被写体11の画像取り込みを行なう。そして、この画像取り込みの時間中に、コンピュータ15は、ステップST6にて、取得された画素が画像データの最終画素か否かを判断し、最終画素でない場合には、ステップST7にて、コンピュータ15は、上記画像データを全フォーカス画像メモリ29に記憶させ、さらに映像出力部30を介して、モニタ16の画面上に取り込み画像を表示させると共に、入力メモリ25から画像データを読み込んで、各画素毎に、フォーカス値演算部27によりフォーカス値を計算し、そのフォーカス値及び高さ情報値をフォーカス値メモリ26に記憶させて、ステップST6に戻る。ここで、上記高さ情報値は、被写体11の高さ方向Zにおける位置情報、即ち画像がピント領域となっている状態の被写体11からビデオカメラ13bまでの高さである。

【0031】また、ステップST6にて、取得された画素が画像データの最終画素である場合には、コンピュータ15は、ステップST8にて、ステップ5における画像取り込みが終了していることを判断した後、ステップST9にて、次の画像を取り込むために、移動手段14を制御して、撮像手段13をZ方向に微小距離だけ被写体11に向かって移動させる。続いて、ステップST10にて、コンピュータ15は、所定回数の画像取り込み（即ちZ1乃至Znにおける画像取り込み）が終了したか否かを判断し、終了していない場合には、再びステップST5からステップST9までの動作を繰返す。

【0032】これにより、図5に示すように、被写体11に対してZ方向に微小距離づつ撮像手段11を移動さ

せることにより、位置 $Z_1$ 乃至 $Z_n$ における $n$ 枚の画像が撮像されることになる。その際、各画像は、順次にモニタ16の画面上に表示されることになり、被写体11に対するピント領域が徐々に移動するにつれて、例えば図6(A)に示すように領域Aのみ焦点の合った実画像や、例えば図6(B)に示すように領域Bのみに焦点の合った実画像が得られることになる。従って、コンピュータ15は、各位置 $Z_1$ 乃至 $Z_n$ の何れかにおける実画像から焦点の合った領域のみを取り出して、合成部28により合成することにより、図6(C)に示すように、画面全体にて焦点の合った合成画像を生成し、所謂全フォーカス法による撮像画面を得ることができる。これにより、コンピュータ15は、合成画像に基づいて、被写体11の形状検査を行なうことができる。

【0033】また、ステップST10にて、所定回数の画像取り込みが終了した場合には、ステップST11にて、コンピュータ15は、最終画面の画素が画像データの最終画素であるか否かを判断する。そして、最終画素でない場合には、ステップST12にて、コンピュータ15は、入力メモリ25から画像データを読み込んで、各画素毎に、フォーカス値演算部27によりフォーカス値を計算し、そのフォーカス値及び高さ情報をフォーカス値メモリ26に記憶させて、ステップST11に戻る。

【0034】また、ステップST11にて、取得された画素が画像データの最終画素である場合には、コンピュータ15は、ステップST13にて、フォーカス値メモリ26に記憶された各位置 $Z_1$ 乃至 $Z_n$ におけるフォーカス値及び高さ情報値に基づいて、以下に示すようにして、フォーカス値の $Z$ 方向変化からフォーカス位置を検出して、このフォーカス位置を被写体11の高さとすることにより、被写体11の高さ測定が完了することになる。

【0035】図7は、本実施形態によるフォーカス値の $Z$ 方向変化からフォーカス位置を検出する方法を示している。図7のフローチャートにおいて、先づステップST20にて、コンピュータ15は、上記ステップST7及びST12で計算された各画素毎のフォーカス値に関して、その画像データの最終画素に関するフォーカス値であるか否かを判断して、最終画素でなければ、ステップST21にて、各画素毎に、以下の処理を行なう。即ち、コンピュータ15は、図8(A)に示すように、上記各位置 $Z_1$ から $Z_n$ に関するフォーカス値の波形に対して、ローパスフィルタ32により、図8(B)に示すように、波形のノイズを除去する。

【0036】そして、コンピュータ15は、この整形されたフォーカス値の波形について、前後の値から微分値を計算し、その微分値に基づいて、ステップST22にて、フォーカス値の波形の立上り（例えばプラス方向の最大値）か否かを判断する。波形の立上りの場合には、

コンピュータ15は、ステップST23にて、立上りポイントとして記憶し、波形の立上りでない場合には、コンピュータ15は、ステップST24にて、フォーカス値の波形の立下り（例えばマイナス方向の最大値）か否かを判断する。

【0037】波形の立下りの場合には、コンピュータ15は、ステップST25にて、立下りポイントとして記憶し、波形の立上りでない場合には、コンピュータ15は、ステップST26にて、波形の最終データか否かを判断する。そして、波形の最終データでなければ、ステップST21に戻って、次のフォーカス値について、ステップST21乃至ステップST26の動作を繰り返す。また、波形の最終データであれば、ステップST27にて、コンピュータ15は、フォーカス値の波形の立上りポイント及び立下りポイントに基づいて、以下のようにしてフォーカス位置であるジャストフォーカスポイントを演算し、これに対応する高さ情報値を入力メモリ25から読み込んで、被写体11の高さを決定する。

【0038】この場合、ジャストフォーカスポイントの演算は、例えば、立上りポイント及び立下りポイントの中間位置をジャストフォーカスポイントとすることにより、行なわれる。また、ジャストフォーカスポイントの演算は、他の方法によれば、予め高さの分かっている数個の対象物を上述の方法により計測して、立上りポイント及び立下りポイントとの位置関係を求めておき、この位置関係に基づいて、高さ測定対象の立上りポイント及び立下りポイントからジャストフォーカスポイントを求めるようにしてもよい。さらに、被写体が一画素単位で大きく高さが異なることのない形状を有している場合には、ジャストフォーカスポイントの演算により求められた被写体の高さを、例えば対象画素と周辺画素における高さの中間値を採る処理である所謂メディアンフィルタ等を使用することにより、一画素単位で大きく異なる高さを除去することにより、より正確な高さ測定が行われることになる。

【0039】このようにして、本実施形態によれば、被写体11の撮像画面により被写体11の形状検査を行なう検査装置にて、その撮像画面からフォーカス値を計算して、フォーカス位置を求めることにより、被写体11の高さを測定するようになっているので、別途高さ測定のための装置を設ける必要がなく、簡単な構成により、被写体11の検査及び高さ測定が同時に行われることになる。

【0040】上記実施形態においては、撮像手段13は、移動手段14によって、被写体11が載置されたステージ12に対して $Z$ 方向に移動されるようになっているが、これに限らず、移動手段14により撮像手段13がステージ12に対して相対的に $Z$ 方向に移動されればよいので、例えば移動手段14が固定配置された撮像手段13に対してステージ12を $Z$ 方向に移動させるよう

にしてもよい。

【0041】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、電子部品等の対象物の撮像画面に基づいて高さ測定が行われるようにした高さ測定装置及び方法と、これを利用して対象物の撮像及び高さ測定が同時に行われるようにした検査装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による高さ測定装置を備えた検査装置の一実施形態の構成を示す概略図である。

【図2】図1の検査装置におけるコンピュータの内部構成例を示すブロック図である。

【図3】図1の検査装置における移動手段による撮像手段の移動とステージとの関係を示す(A)正面図及び(B)側面図である。

【図4】図1の検査装置における高さ測定の動作を示すフローチャートである。

【図5】図1の検査装置におけるZ方向に微小距離ずつ移動して撮像される撮像画面の相互の位置関係を図式的に示す概略斜視図である。

【図6】図1の検査装置における各位置での撮像画面のうち(A)基板表面に焦点が合っている画面、(B)部品表面に焦点が合っている画面及び(C)全フォーカス法による合成画面を示す図である。

【図7】図1の検査装置におけるフォーカス値の波形か

らフォーカス位置を求める動作を示すフローチャートである。

【図8】図1の検査装置における(A)各位置の撮像画面から計算されたフォーカス値及び(B)ノイズ除去されたフォーカス値を示すグラフである。

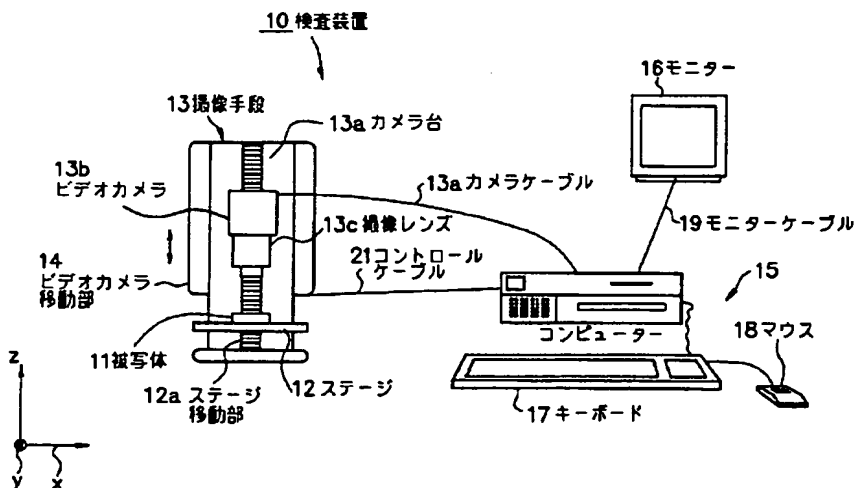
【図9】従来の検査装置の一例の(A)概略斜視図及び(B)撮像画面を示す図である。

【図10】従来のビデオカメラを使用した検査装置の一例の(A)概略斜視図及び(B)撮像画面を示す図である。

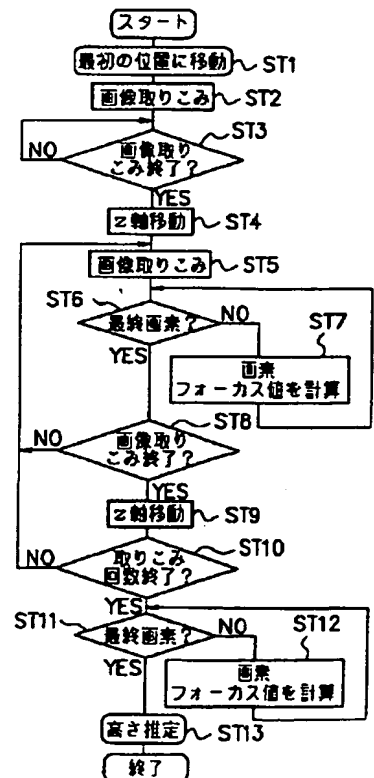
【符号の説明】

10・・・検査装置、11・・・被写体(対象物)、12・・・ステージ、12a・・・移動部、13・・・撮像手段、13a・・・カメラ台、13b・・・ビデオカメラ、13c・・・撮像レンズ、14・・・移動手段、15・・・コンピュータ、16・・・モニター、17・・・キーボード、18・・・マウス、19・・・モニターケーブル、20・・・カメラケーブル、21・・・コントロールケーブル、22・・・A/D変換器、23・・・CPU、24・・・A/D変換及びメモリコントロール部、25・・・入力メモリ、26・・・フォーカス値メモリ、27・・・フォーカス値演算部、28・・・合成部、29・・・全フォーカス画像メモリ、30・・・映像出力部、31・・・モータコントロール部。

【図1】

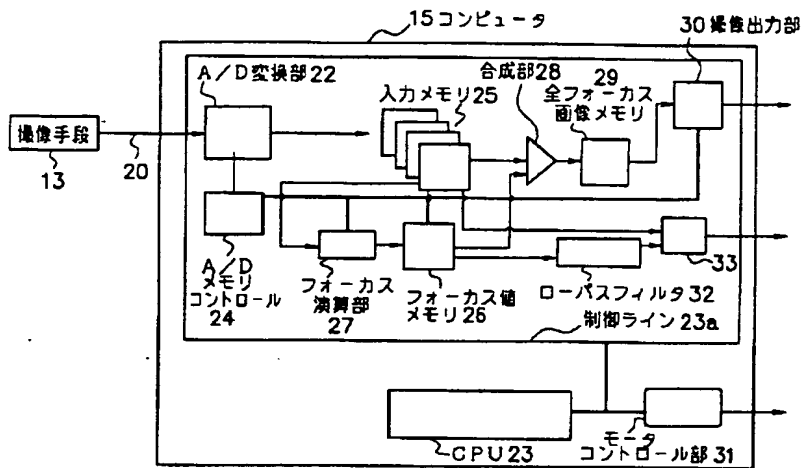


【図4】

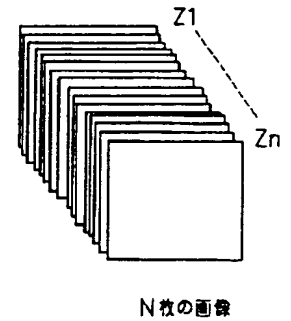


BEST AVAILABLE COPY

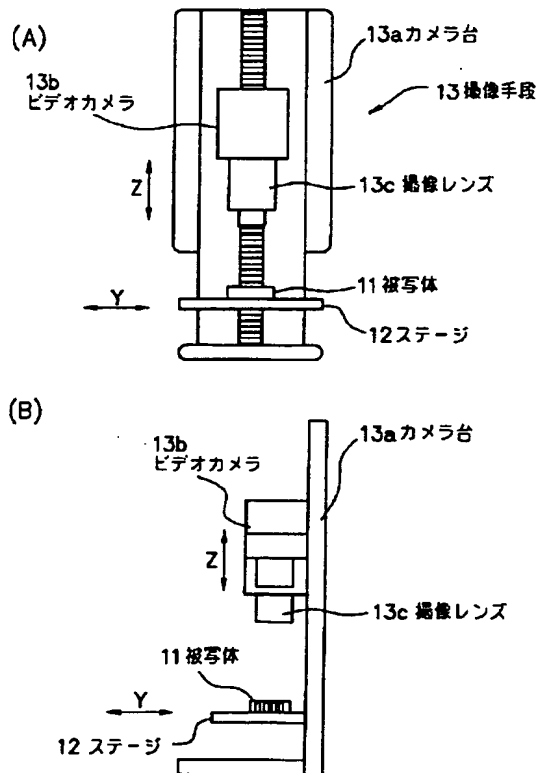
【図 2】



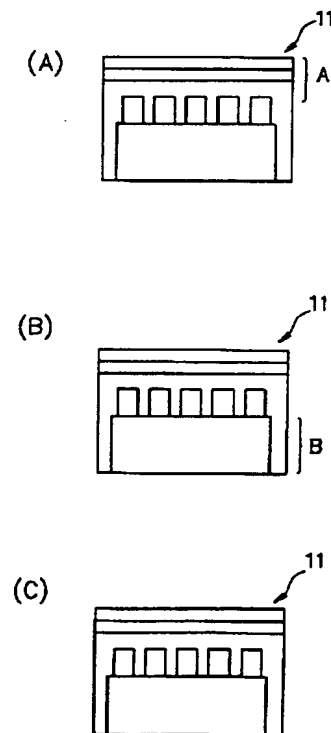
【図 5】



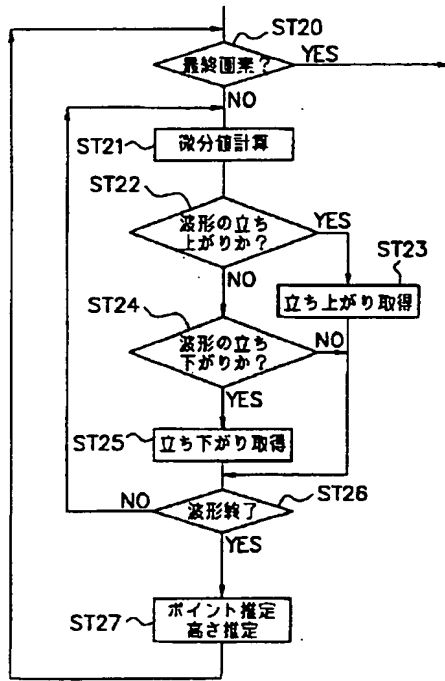
【図 3】



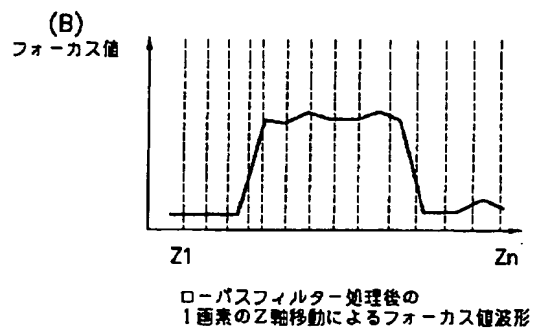
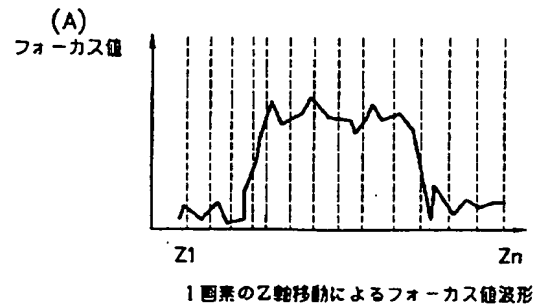
【図 6】



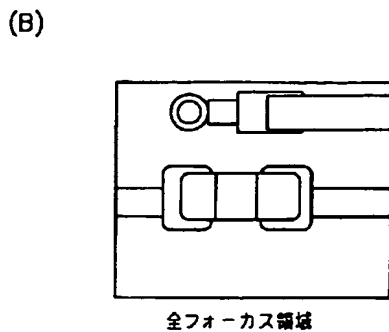
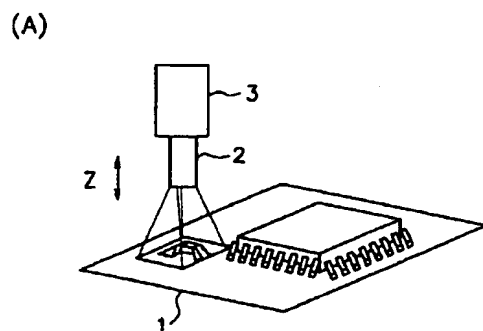
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

